

# BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND



## Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

**Aktenzeichen:** 102 36 165.7  
**Anmeldetag:** 07. August 2002  
**Anmelder/Inhaber:** Siemens Aktiengesellschaft,  
München/DE  
**Bezeichnung:** Verfahren und Vorrichtung zum Symmetrieren der  
Kondensatoren einer Kondensatorbatterie  
**IPC:** G 05 F, B 60 M, H 02 J

**Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ur-  
sprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.**

München, den 15. Mai 2003  
Deutsches Patent- und Markenamt  
Der Präsident  
Im Auftrag

A handwritten signature in black ink, which appears to read "Wehner", is placed over the typed name "Der Präsident".

A handwritten signature in black ink, which appears to read "Wehner", is placed below the typed name "Im Auftrag".

## Beschreibung

## Verfahren und Vorrichtung zum Symmetrieren der Kondensatoren einer Kondensatorbatterie

5

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Symmetrieren der Kondensatoren einer Kondensatorbatterie, sowie eine Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens.

10 Als Energiespeicher, z.B. in einer Lokomotive oder in einem anderen Schienentriebfahrzeug, insbesondere aber bei einer stationären Anwendung in einer Fahrleitung, ist häufig eine Kondensatorbatterie eingesetzt. Diese besteht aus mehreren parallel geschalteten Reihen aus jeweils einzelnen Kondensatoren, die sogenannte Ultra-Kondensatoren sein können. In einem solchen Energiespeicher wird zum Beispiel die Bremsenergie zwischengespeichert, um sie beim Abfahren des Fahrzeuges wieder abzugeben. Damit eine möglichst große Energie in einer solchen Kondensatorbatterie gespeichert werden kann, ist es 15 wichtig, alle Kondensatoren einer Batterie gleichmäßig zu beladen, d.h. gleichmäßig und vollständig zu laden. Dieser Vorgang wird „Symmetrieren“ genannt. Sollte an einzelnen Kondensatoren, wenn auch nur kurzzeitig, eine über den Nennwert hinausgehende Kondensatorspannung anliegen, so führt das zu 20 einer schnelleren Alterung dieses Kondensators. Er muss dann im Extremfall vorzeitig entfernt werden, was aufwändig ist. Unterschiedliche Spannungen an den einzelnen Kondensatoren, die den Energiespeicher uneffizient machen, sind im Wesentlichen auf Kondensatoreigenschaften zurückzuführen, z.B. auf 25 den Ersatz-Serienwiderstand und/oder auf die Kapazität des Kondensators. Auch Parallelwiderstände können sich auswirken.

30 Es ist daher erforderlich, jeden einzelnen Kondensator einer Kondensatorbatterie an einer oberen Spannungsgrenze zu laden und vor einer Überladung zu schützen, die zu einer Zerstörung des Kondensators führen könnte. Bei zu hoher anliegender Spannung könnte es zum Abblasen des Elektrolyten kommen, der

brennbar und toxisch ist. Es soll aber auch mit einer Diagnose frühzeitig zu erkennen sein, ob ein Kondensator nicht voll funktionsfähig ist.

5 Es ist bereits vorgeschlagen worden, eine Spannungssymmetrierung aller Kondensatoren (Angleichung der an den Kondensatoren anliegenden Spannungen bzw. der Ladungen der Kondensatoren) durchzuführen, damit diese gleichmäßig geladen werden.

10 Ein bekanntes Verfahren sieht vor, dass jeder Kondensator einzeln geladen wird. Es sind dazu Kleinschütze nötig, die die Kondensatoren nacheinander an die Stromversorgung anschließen. Dieses Verfahren dauert sehr lange. Außerdem ist eine aufwändige Verdrahtung notwendig.

15

Es ist auch schon vorgeschlagen worden, die einzelnen Kondensatoren ab dem Erreichen eines Sollwertes sofort alle zu symmetrieren, mit dem Ziel, eine gleichmäßige Ladung zu bekommen. Dazu ist parallel zu jedem Kondensator ein Entladezweig notwendig. Dieses Verfahren dauert außerdem sehr lange, wenn nur ein kleiner Symmetrierstrom möglich ist.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zum gleichmäßigen Laden (Symmetrieren) der Kondensatoren einer Kondensatorbatterie anzugeben, das schnell und zuverlässig arbeitet und höhere Symmetrierströme ermöglicht, ohne jedoch eine große Anzahl zusätzlicher Bauelemente, die bei großen Kondensatorbatterien mit beispielsweise tausend Kondensatoren viel Platz beanspruchen und ein hohes Ausfallpotential haben, zu benötigen.

Es soll auch eine Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens angegeben werden.

35 Die Aufgabe ein Verfahren anzugeben wird gemäß der Erfindung dadurch gelöst, dass zur Überwachung des Ladezustands der Kondensatoren drei Spannungspegel durch eine Referenzspan-

nungsquelle bereitgestellt werden, dass an jedem Kondensator die Kondensatorspannung ermittelt und mit den Spannungspegeln verglichen wird und dass eine korrekte Ladung eines Kondensators angezeigt wird, wenn die Kondensatorspannung zwischen den beiden unteren Spannungspegeln liegt, dass eine Störung des Kondensators angezeigt wird, wenn die Kondensatorspannung größer ist als der höchste Spannungspegel und dass nur dann symmetriert wird, wenn weder eine korrekte Ladung noch eine Störung angezeigt wird.

10

Für dieses Verfahren kommt man mit einer einfachen elektronischen Schaltung aus, bei der die Anzahl der benötigten Baulemente minimal ist. Das Ausfallpotential ist dadurch ebenfalls gering. Die Qualität der Symmetrierung ist durch die Referenzspannungsquelle gewährleistet, da eine konstante und von Temperatureinflüssen weitgehend freie Quelle gewählt wird. Aus dieser Referenzspannungsquelle werden drei Spannungspegel erzeugt, die einer Auswerteelektronik zur Verfügung stehen. Der niedrigste Pegel und der mittlere Pegel legen ein Fenster fest, in dem alle Kondensatoren nach einem störungsfreien Ladevorgang liegen müssen. Der höchste Pegel legt eine Schutzwelle fest. Das Überschreiten dieses höchsten Pegels ist ein Hinweis auf einen Fehler. Der Fehler kann optisch angezeigt werden. Es kann auch über ein Bussystem eine Auswerteeinheit über den Fehler informiert werden, so dass eine sofortige Diagnose des ausgefallenen Kondensators ermöglicht ist. Geeignete Spannungswerte für die einzelnen Spannungspegel sind 2,2 V für den niedrigsten Spannungspegel, 2,45 V für den mittleren Spannungspegel und 2,7 V für den höchsten Spannungspegel.

Mit dem Verfahren nach der Erfindung wird der Vorteil erzielt, dass die Symmetrierung und darüber hinaus die Überwachung der Kondensatorbatterie mit einfachen Mitteln schnell und zuverlässig möglich ist.

Beispielsweise wird eine Störung des Kondensators angezeigt, wenn durch die Steigung der Spannung am Kondensator während des Ladens des Kondensators ein Grenzwert überschritten wird. Damit wird vorteilhaft eine zusätzliche Möglichkeit zum Erkennen eines defekten Kondensators bereitgestellt.

Die Spannungspegel werden beispielsweise über Optokoppler einer Auswerteeinrichtung zugeleitet. Dieses Übertragungsverfahren ist besonders zuverlässig.

10

Beispielsweise nutzt die Einrichtung der Referenzspannungsquelle eine an der Kondensatorbatterie anliegende Spannung. Es ist also vorteilhaft keine zusätzliche Spannungsversorgung erforderlich.

15

Beispielsweise wird als Spannungsquelle für das Symmetrieren die Summenspannung über zwei Kondensatoren der Kondensatorbatterie abgegriffen. Die beiden Kondensatoren sind dabei zwei benachbarte Kondensatoren, was besonders einfach durchführbar ist.

Vor dem ersten Kondensator in der Kondensatorbatterie wird dabei anstelle des fehlenden Kondensators ein Wandler eingesetzt, so dass die Spannung, die sonst an zwei Kondensatoren anliegt, geliefert wird.

25

Mit der genannten Spannungsquelle für das Symmetrieren wird der Vorteil erzielt, dass mit einfachen Mitteln eine erhöhte Symmetrierspannung zur Verfügung gestellt ist, die bei Bedarf ein schnelles Symmetrieren erst erlaubt.

30

Nach dem Laden der Kondensatoren ist für einen Kondensator beispielsweise der Normalbetrieb gegeben, wenn die Kondensatorspannung den niedrigsten Spannungspegel erreicht und den mittleren Spannungspegel noch nicht erreicht hat. Der Symmetrierbetrieb beginnt, wenn die Kondensatorspannung den mittleren Spannungspegel erreicht hat und endet, wenn die

Kondensatorspannung wieder den niedrigsten Spannungspegel erreicht hat. Beim Wieder-Erreichen des niedrigsten Spannungspegels ist wieder der Normalbetrieb gegeben. Beim Erreichen des höchsten Spannungspegels wird eine Störung angezeigt.

- 5 Diese kann durch einen defekten Kondensator ausgelöst sein. Mit diesen einzelnen Verfahrensschritten wird eine optimale Symmetrierung und Störungsanzeige gewährleistet.

10 Zum Starten des Symmetrierbetriebs werden die Kondensatorspannungen aller Kondensatoren über den mittleren Spannungspegel angehoben.

15 ( ) Die Aufgabe, eine Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens anzugeben, wird gemäß der Erfindung dadurch gelöst, dass parallel zu jeweils zwei oder mehr Kondensatoren der Kondensatorbatterie eine Serienschaltung aus einem ohmschen Widerstand und einem ersten Transistor angeordnet ist, dass parallel zum ersten Transistor mindestens ein weiterer Transistor geschaltet ist, dass die Transistoren mit einer Auswerteeinheit verbunden sind und dass Spannungsabgriffe der Kondensatoren mit der Auswerteeinrichtung verbunden sind.

20 Die Kondensatorbatterie umfasst z.B. 4 bis 8, insbesondere 6 Kondensatoren.

25 ( ) 25 Die gewünschten Spannungspegel können also aus der Spannung der zu symmetrierenden bzw. zu überwachenden Kondensatoren erzeugt werden.

30 Für parallel geschaltete Kondensatoren wird nur ein Spannungsabgriff benötigt, da sich Kondensatoren in einer Parallelschaltung untereinander selbst symmetrieren. Die Anzahl der notwendigen Bauelemente wird dadurch weiter gesenkt.

35 Zum Übermitteln der Spannungspegel an ein Bussystem stehen wegen der dazu notwendigen Potentialtrennung beispielsweise

mit den Kondensatoren Optokoppler in Verbindung, die mit der Auswerteeinrichtung verbunden sind.

5 Statt drei Optokopplern kann auch ein Zweifachkoppler eingesetzt sein.

Der für das Symmetrieren notwendige ohmsche Widerstand der Serienschaltung dient als Entladewiderstand und kann beispielweise ein großer Drahtwiderstand sein. Er kann auch ein 10 Flachbodenwiderstand, ein HSA-Widerstand oder auch ein Zementwiderstand sein. Die Transistoren sind in der Regel sogenannte Feldeffekttransistoren. Gegebenenfalls können diese Feldeffekttransistoren mit Kühlkörpern ausgestattet sein. Die Spannung der Referenzspannungsquelle dient an den Feldeffekt- 15 transistoren als Gate-Treiber-Spannung. Je nach Anzahl der parallel geschalteten Transistoren und gegebenenfalls aufgrund des Aufbaus der Transistoren werden die gewünschten Spannungspegel erzeugt.

20 Zum Anzeigen einer Störung kann die Auswerteeinrichtung vorteilhaft mit einer Leuchtdiode verbunden sein.

Mit dem Verfahren nach der Erfindung sowie mit der Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens wird insbesondere der 25 Vorteil erzielt, dass mit einfachen Mitteln geeignete Spannungspegel zur Verfügung gestellt werden, die dann vorteilhafterweise durch Vergleich mit der momentanen Spannung an einem Kondensator einer Kondensatorbatterie zuverlässige Angaben über die gleichmäßige Ladung der Kondensatorbatterie, 30 sowie über einen möglichen Defekt eines Kondensators machen.

Es muss vorteilhaft nur dann symmetriert werden, wenn es nicht mehr möglich ist, die Kondensatorspannungen aller Kondensatoren zwischen den beiden unteren Spannungspegeln zu 35 halten.

## Patentansprüche

1. Verfahren zum Symmetrieren der Kondensatoren einer Kondensatorbatterie,

5 dadurch gekennzeichnet, dass zur Überwachung des Ladezustands der Kondensatoren drei Spannungspegel durch eine Referenzspannungsquelle bereitgestellt werden,

10 dass an jedem Kondensator die Kondensatorspannung ermittelt und mit den Spannungspegeln verglichen wird und

dass eine korrekte Ladung eines Kondensators angezeigt wird, wenn die Kondensatorspannung zwischen den beiden unteren Spannungspegeln liegt,

15 dass eine Störung des Kondensators angezeigt wird, wenn die Kondensatorspannung größer ist als der höchste Spannungspegel und

dass nur dann symmetriert wird, wenn weder eine korrekte Ladung noch eine Störung angezeigt werden.

20 2. Verfahren nach Anspruch 1,

dadurch gekennzeichnet, dass eine Störung des Kondensators angezeigt wird, wenn durch die Steigung der Spannung am Kondensator während des Ladens des Kondensators ein Grenzwert überschritten wird.

25

3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2,

dadurch gekennzeichnet, dass die Spannungspegel über Optokoppler einer Auswerteeinrichtung zugeleitet werden.

30

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3,

dadurch gekennzeichnet, dass die Referenzspannungsquelle eine an der Kondensatorbatterie anliegende Spannung nutzt.

35

5. Verfahren nach Anspruch 4,

dadurch gekennzeichnet, dass als

Spannungsquelle für das Symmetrieren die Summenspannung über zwei Kondensatoren der Kondensatorbatterie abgegriffen wird.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5,

5 dadurch gekennzeichnet, dass nach dem Laden der Kondensatoren für einen Kondensator der Normalbetrieb gegeben ist, wenn die Kondensatorspannung den niedrigsten Spannungspegel erreicht und den mittleren Spannungspegel noch nicht erreicht hat,

10 dass der Symmetrierbetrieb beginnt, wenn die Kondensatorspannung den mittleren Spannungspegel erreicht hat und endet, wenn die Kondensatorspannung wieder den niedrigsten Spannungspegel erreicht hat,

dass bei Wieder-Erreichen des niedrigsten Spannungspegels

15 wieder der Normalbetrieb gegeben ist und dass bei Erreichen des höchsten Spannungspegels eine Störung angezeigt wird.

7. Verfahren nach Anspruch 6,

dadurch gekennzeichnet, dass zum 20 Starten des Symmetrierbetriebs die Kondensatorspannungen aller Kondensatoren über den mittleren Spannungspegel angehoben werden.

8. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach einem der 25 Ansprüche 1 bis 7,

dadurch gekennzeichnet, dass parallel zu jeweils zwei oder mehr Kondensatoren der Kondensatorbatterie eine Serienschaltung aus einem ohmschen Widerstand und einem ersten Transistor angeordnet ist,

30 dass parallel zum ersten Transistor mindestens ein weiterer Transistor geschaltet ist,

dass die Transistoren mit einer Auswerteeinrichtung verbunden sind und

35 dass Spannungsabgriffe der Kondensatoren mit der Auswerteeinrichtung verbunden sind.

9. Vorrichtung nach Anspruch 8,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass zum  
Übermitteln der Spannungspegel an ein Bussystem Optokoppler  
vorhanden sind.

5

10 . Vorrichtung nach Anspruch 9,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass statt  
drei Optokopplern ein Zweifachkoppler eingesetzt ist.

## Zusammenfassung

Verfahren und Vorrichtung zum Symmetrieren der Kondensatoren  
einer Kondensatorbatterie

5

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Symmetrieren der Kondensatoren einer Kondensatorbatterie. Sie betrifft auch eine Vorrichtung zur Durchführung dieses Verfahrens. Es ist vorgesehen, dass zur Überwachung des Ladezustands der Kondensatoren drei Spannungspegel durch eine Referenzspannungsquelle bereitgestellt werden. An jedem Kondensator wird die Kondensatorspannung ermittelt und mit den Spannungspegeln verglichen. Nach dem Laden der Kondensatoren ist der Normalbetrieb gegeben, wenn die Kondensatorspannung den niedrigsten Spannungspegel erreicht und den mittleren Spannungspegel noch nicht erreicht hat. Der Symmetrierbetrieb beginnt, wenn die Kondensatorspannungen aller Kondensatoren den mittleren Spannungspegel erreicht haben, und endet, wenn die Kondensatorspannung aller Kondensatoren wieder den niedrigsten Spannungspegel erreicht haben. Beim erneuten Erreichen des niedrigsten Spannungspegels ist wieder der Normalbetrieb gegeben. Bei Erreichen des höchsten Spannungspegels wird eine Störung angezeigt.

25